

半導体デバイス製造のウェットプロセスにおける 帯電・放電現象の解明とその対策

[研究代表者] 清家善之 (工学部電気学科)

[共同研究者] 森 竜雄、五島敬史郎 (工学部電気学科)

日永康博、窪 慎二、川畑隆広、渡邊久倫

(ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング(株))

岩元勇人、萩本賢哉、齋藤 卓

(ソニーセミコンダクタソリューションズ(株))

研究成果の概要

近年、自動運転、IoT、AI 技術が注目され、まさに技術の革新時代に突入している。このキーテクノロジーの一つに CMOS イメージセンサ、CCD イメージセンサ等の半導体デバイスがある。半導体デバイス製造プロセスは、フォトリソグラフィ工程、イオン打込み工程等多くの工程を繰り返し行うが、洗浄工程はいずれの前後に存在し、半導体製造プロセスの 1/3 は洗浄工程と言われている。この洗浄工程は、ウェハと呼ばれるシリコン基材上のナノメートルオーダーの異物 (パーティクル) を除去するもので、1 バッチ 25 枚のフープの単位で、加温したアンモニア水、過酸化水素水、塩酸等の薬品に、順次浸漬させる RCA 洗浄が一般的であった。しかし近年では、環境負荷の低減や半導体のデバイスの多品種化によって枚葉式の洗浄が求められ、純水をスプレーして洗浄する工程が増えている。しかし純水をスプレーした場合、純水が絶縁体であるため、静電気障害 (ESD: Electrostatic discharge) が生じ、生産の歩留まりを低くしている。本研究は、半導体デバイス製造のウェットプロセスにおける帯電・放電現象を解明し、その対策を行うものである。現在までに、生産工程ではこのような帯電、放電現象による静電気障害の対策は経験的に行われており、要因を解明し、体系化することが難しかった。本研究は、問題となる生産工程を絞り込み、その工程における ESD 現象の解明を行う。この研究を実施することで、静電気障害現象の解明ができ、日本の半導体デバイス産業にイノベーションを起こすことができる。具体的なサブテーマとして、「ウェットプロセスにおける磁場の純水帯電の影響評価」「二流体スプレー洗浄時における純水の帯電メカニズムの解析とその対策」「ウェハ表面の帯電分布計測のためのフィジビリティスタディー」について実施する。

研究分野: 半導体洗浄プロセス

キーワード: 半導体洗浄、磁場、二流体スプレー、静電気障害 (ESD)

1. 研究開始当初の背景

半導体製造プロセスの 1/3 は洗浄工程と言われている。洗浄の目的の一つは、シリコンウェハ上のナノメートルオーダーの異物 (パーティクル) を除去することである。従来、1 バッチ 25 枚のフープの単位で、加温したアンモニア水、過酸化水素水、塩酸等に、順次浸漬させる化学的な RCA 洗浄が一般的であった。しかし最近では、環境負荷の低減

や半導体のデバイスの多品種化によってウェハを 1 枚ずつ処理する枚葉式の洗浄が求められ、物理的な洗浄を行う工程が増えてきている。しかし純水を用いて洗浄する場合、純水が絶縁体であるため、ウェハ上の素子に対して静電気障害 (ESD: Electrostatic discharge) が生じ、生産の歩留まりを低くする課題がある。

2. 研究の目的

本研究は、半導体デバイス製造のウェットプロセスにおける帯電・放電現象を解明し、その対策を行うものである。サブテーマとしては以下の3項目を設定している。

- (1)ウェットプロセスにおける磁場の純水帯電の影響評価
- (2)二流体スプレー洗浄時における純水の帯電メカニズムの解析とその対策
- (3)ウェハ表面の帯電分布計測のためのフィジビリティスタディー

本年度は項目2の研究を実施した。半導体製造プロセスで使用される二流体スプレー洗浄は、窒素ガス等で純水を霧化してスプレーするため、液滴化した純水が帯電し、ウェハ上の回路にESDを生じさせる可能性がある。本研究は二流体スプレー洗浄時に発生する静電気発生メカニズムの解析と静電気障害の対策を実施する。

3. 研究の方法

二流体スプレーは窒素ガスと純水をノズル内部で混合させ、純水を加速させて、ノズル孔の出口付近で霧化させ、スプレーする方法である。ガス圧を可変させることによって飛行液滴の速度を制御することができるために、ナノメートルオーダーのパーティクルやレジストをデバイスへダメージさせない範囲で洗浄できるため、多くのプロセスで使用されている。

二流体スプレー洗浄時に発生する静電気現象を解明するために、図1に示すような実験システムを構築し、二流体スプレーから発生する静電気を測定した。スプレーされた液滴を試作したファラデーケージで受け取り、電流を

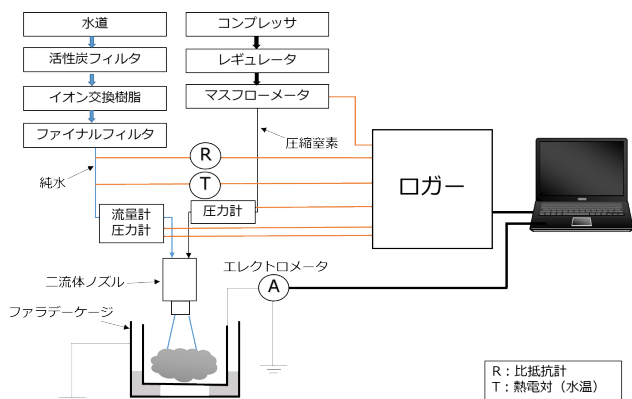


図1 二流体スプレーからの静電気測定装置の概略

測定する。また供給される純水の比抵抗値、温度、圧力、ガスの圧力、流量を同時に計測し、ロガーで各データをサンプリング時間 0.5 秒で収集している。また本研究では、スプレーされた純水の液滴の特性と発生電流の関係を確認するために、飛行液滴をシャドードップラーパーティクルアナライザー (SDPA) で測定した。

4. 研究成果

図2にガスの流量を 40NL/min から 120NL/min および純水の流量を 50mL/min から 150mL/min に対する発生電流値を示す。黒点は各測定ポイントで、これらのポイントで局所回帰平滑法を用いて近似曲面を出している。発生する電流は、ほぼすべての条件で正極であり、0 から 800nA 程度であった。ガス流量が増えると電流が大きくなり、純水の流量が増えても電流が大きくなる傾向となった。またガス流量と純水流量が多くなると交互作用で電流が大きくなった。発生電流値が大きくなるほど、電流のばらつきも大きくなる。またガスの流量が増えると液滴の速度が速くなることからSDPAの測定から分かった。つまり洗浄力が高くなるほど、発生する電流が増え、シリコンウェハ上の素子に対してESDが生じる可能性が高くなることが分かった。今後、静電気発生メカニズムを解明していくとともに、ESDの対策を行っていく。

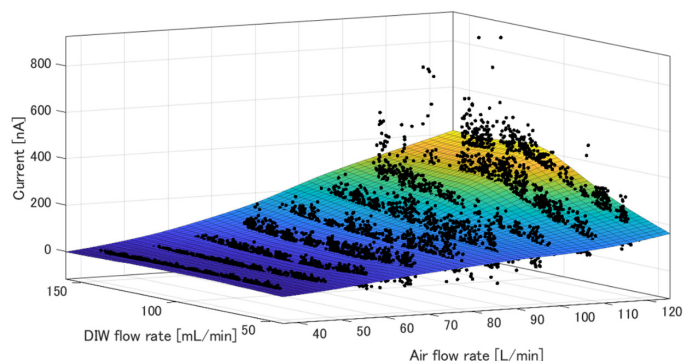


図2 二流体スプレーのガス流量および純水流量に対する発生電流

5. 本研究に関する発表

1. 鈴木洋陽, 清家善之他: 静電気学会誌, 46(1) pp.38- 43, (2022).
2. 鈴木洋陽他, 応用物理学会春季学術講演会, 25p-P11-16.
3. 鈴木洋陽他, 第31回 RCJ 信頼性シンポジウム発表論文集, pp.29-32.

他口頭発表 3件